

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-026454

(43)Date of publication of application : 25.01.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/22  
H01S 5/343

(21)Application number : 2000-205597

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 06.07.2000

(72)Inventor : SHIOZAWA HIDEO  
TANAKA AKIRA  
GENEI KOUICHI

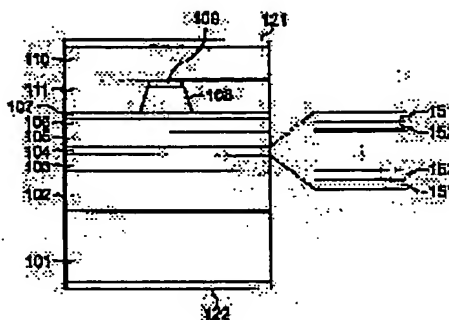
## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce manufacturing cost and further to suppress spreading of the spreading angle of a beam in vertical direction in a device in which lasers of different wavelength bands are monolithically integrated.

**SOLUTION:** The well layers 151 of a multiple quantum-well active layer 104 are formed with a GaAlAs-based semiconductor material, while the barrier layers 152 are formed with GaAlAs, and the cladding layers 102, 106 are formed with  $\text{In}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ). As a consequence, expansion of the spreading angle of the light beam is suppressed. Besides, bandgap difference between the clad layers and the active layer is expanded. Therefore, during the laser operation, leakage of electrons from the active layer to the clad layers is suppressed, and the temperature characteristics are improved.

Furthermore, carriers are injected into well layers uniformly, and the voltage lowering is suppressed. In addition, since light-guiding layers 103, 105 composed of  $\text{In}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) are formed between the active layer 104 and the clad layers 102, 106, diffusion of the dopants for the material composing the clad layers into the active layer is prevented, resulting in enhancement of the device reliability.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-26454

(P2002-26454A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	キーワード(参考)
H01S 5/22	610	H01S 5/22	610 5F073
5/343		5/343	

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全15頁)

(21) 出願番号 特願2000-205597(P2000-205597)

(22) 出願日 平成12年7月6日(2000.7.6)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 塩澤秀夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(72) 発明者 田中明

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

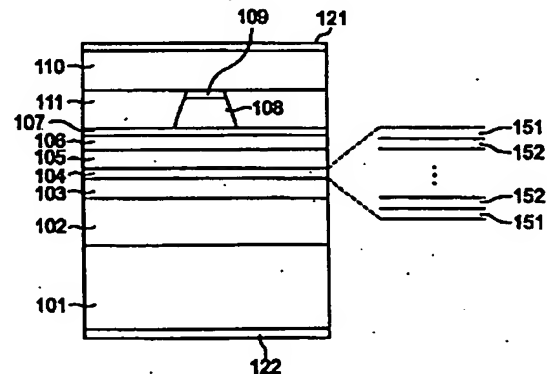
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 異なる波長帯のレーザをモノリシックに集積化する装置において、製造コストを低減し、さらに垂直方向のビーム広がり角の広がり抑制する。

【解決手段】 多重量子井戸活性層104における井戸層151がGaAlAs系半導体材料、バリア層152がGaAlAs、クラッド層102、106がIn(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)P(0≤x≤1)で形成されていることから、光ビームの広がり角の拡大が抑制され、またクラッド層と活性層との間のバンドギャップ差が拡大されるのでレーザ動作時において活性層からクラッド層への電子の漏れが抑制されて温度特性が向上し、さらに井戸層に均一にキャリアが注入されて電圧降下が防止される。また活性層104とクラッド層102、106との間に、In(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)P(0≤y≤1)から成る光ガイド層103、105を有することで、クラッド層を構成する材料のドーパントが活性層に拡散することが防止されるので、装置の信頼性が向上する。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 井戸層とバリア層とを有する多重量子井戸活性層と、

前記多重量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを備え、前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、

前記バリア層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、

前記第1及び第2のクラッド層が、 $\text{In}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) 系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 前記多重量子井戸活性層と前記第1のクラッド層との間、及び前記多重量子井戸活性層と前記第2のクラッド層との間に、それぞれ第1及び第2の光ガイド層が形成され、

前記第1及び第2の光ガイド層は、 $\text{In}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) 系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 異なる波長帯を有する第1、第2のレーザ素子がモノリシックに形成された半導体レーザ装置において、

前記第1、第2のレーザ素子はそれぞれ、

井戸層とバリア層とを有する多重量子井戸活性層と、

前記多重量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを有し、前記第1のレーザ素子の前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成され、前記バリア層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、

前記第2のレーザ素子の前記井戸層が、InGaAlP系半導体材料を用いて形成され、前記バリア層が、InGaAlP系半導体材料を用いて形成されており、前記第1及び第2のレーザ素子の前記第1及び第2のクラッド層が、 $\text{In}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) 系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】 井戸層を有する単一量子井戸活性層と、前記単一量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを備え、前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、

前記第1及び第2のクラッド層が、 $\text{In}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) 系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記単一量子井戸活性層と前記第1のクラッド層との間、及び前記多重量子井戸活性層と前記第2のクラッド層との間に、それぞれ第1及び第2の光ガイド層が形成され、

前記第1及び第2の光ガイド層は、 $\text{In}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) 系半導体材料又は $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0.4 \leq y \leq 1$ ) 系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする請求項4記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 異なる波長帯を有する第1、第2のレーザ素子がモノリシックに形成された半導体レーザ装置において、

前記第1、第2のレーザ素子はそれぞれ、

井戸層を有する単一量子井戸活性層と、

前記単一量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを有し、前記第1のレーザ素子の前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、

前記第2のレーザ素子の前記井戸層が、InGaAlP系半導体材料を用いて形成されており、

前記第1及び第2のレーザ素子の前記第1及び第2のクラッド層が、 $\text{In}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) 系半導体材料又は $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0.4 \leq y \leq 1$ ) 系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体レーザ素子は光ディスク用光源として広く用いられている。特に、AlGaAs混晶を用いた発振波長780nm帯の半導体レーザダイオードは、CD (Compact Disk) 用光源として広く普及している。

【0003】 そして、消費電力を抑制するために、更なる低閾値化と、ディスクへの記録に対応するための高出力化とが求められている。これらの要求にこたえるため、活性層に利得の大きい量子井戸構造が用いられるようになってきた。

【0004】 図9に、従来の780nm帯量子井戸半導体レーザダイオードのダブルヘテロ構造部分を示す。

【0005】 n-GaAs基板901上に、n-AlGaAsクラッド層902、AlGaAs光ガイド層903、多重量子井戸(MQW)活性層904、AlGaAs光ガイド層905、p-AlGaAsクラッド層906、p-GaAsコンタクト層907が形成されている。MQW活性層904では、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As量子井戸層951とAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層952とが交互に配列されている。

【0006】 実際のレーザ素子では、この構造に対して、さらにストライプ状の電流を注入するための加工、及び必要に応じて横モードを制御するための加工が施される。

【0007】 このように、従来のレーザ素子では、基板

(3)

901上に全てAlGaAs混晶からなるダブルヘテロ構造体が形成され、さらに光を発生する活性層904は井戸層951とバリア層952から成る量子井戸となっている。活性層904の上下には、活性層904の周囲の光を閉じ込めるように作用する光ガイド層903及び905が形成されている。

【0008】この構造は、通常SCH構造 (Separate Confinement Heterostructure) と呼ばれており、CD用光源として広く用いられている。

【0009】一方で、1990年代に入り、InGaAlP混晶を用いた650nm帯半導体レーザが実用化された。InGaAlP混晶は、AlGaAs混晶と同様にGaAs基板に格子整合する材料系である。InGaAlP混晶は、AlGaAs混晶より大きいバンドギャップを有する。このため、より発振波長の短い650nm帯でのレーザ発振が可能であり、CDよりも記録密度の高いDVD用ピックアップの光源として用いられている。

【0010】図10に、650nm帯半導体レーザのダブルヘテロ構造を示す。n-GaAs基板1001上に、n-InGaAlPクラッド層1002、InGaAlP光ガイド層1003、MQW活性層1004、InGaAlP光ガイド層1005、p-InGaAlPクラッド層1006、p-InGaPキャップ層1007、p-GaAsコンタクト層1008が形成されている。MQW活性層1004では、InGaAlP量子井戸層1051とInGaAlPバリア層1052とが交互に配列されている。

【0011】このように、基板はGaAsから成り、ダブルヘテロ構造は基本的にInGaAlP混晶から成っている。これら2つの材料系は、いずれもGaAs基板に格子整合するため、両者を組み合わせてダブルヘテロ構造を作成することが考えられる。そこで、活性層にAlGaAs混晶を用い、クラッド層にInGaAlP混晶を用いた構造においては、次のような二つの長所が存在する。

【0012】第1の長所は、レーザダイオードの温度特性に関する。図9におけるn-AlGaAsクラッド層902及びp-AlGaAsクラッド層906を、それぞれn-InGaAlPクラッド層1102及びp-InGaAlPクラッド層1106に置き換えた構造を、図11に示す。この装置は、n-GaAs基板1101上に、n-InGaAlPクラッド層1102、AlGaAs光ガイド層1103、MQW活性層1104、AlGaAs光ガイド層1105、p-InGaAlPクラッド層1106、p-InGaAlPキャップ層1107、p-GaAsコンタクト層1108を備え、活性層1104はAlGaAs量子井戸層1151、AlGaAsバリア層1152を有している。

【0013】ここで、p-GaAsコンタクト層100

8からp-InGaAlPクラッド層1106へのホールの注入を容易にするため、InGaPキャップ層1107が挿入されている。通常は、動作温度が上昇すると活性層1104及び光ガイド層1105からクラッド層1106に電子が漏れ出し、動作電流が急激に上昇する。しかし、クラッド層をAlGaAs混晶から、バンドギャップのより大きいInGaAlP混晶に置き換えることで、電子の漏れを大幅に抑制することができる。その結果、素子の温度特性を改善することが可能である。

【0014】活性層がMQWでない構造については、すでに以下のような公知文献が存在する。

【0015】

IEEE' Journal of Quantum Electronics Vol.29, 1993  
この文献に開示された技術では、活性層にGaAsを用いクラッド層にIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>P混晶が用いられている。この発振波長は830nmであり、最大連続動作温度は230℃である。

【0016】また、Technical Report of IECE, ED99-197, CPM99-108 (1999-10) に掲載された論文には、活性層にAl<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>Asを用いたものが開示されている。この装置の発振波長は780nmで、連続動作可能な最大温度は、175℃を超える。

【0017】以上の文献に開示された技術によれば、温度特性を向上させることはできる。しかし、発明者等が検討した結果、クラッド層にInGaAl混晶を用いた場合、いくつかの課題があることが判明したので、このことについては後述する。

【0018】第2の長所は、レーザ素子の集積化に関する。近年、DVD-ROMが普及するに至っている。このDVD-ROMとの互換性を保つため、ピックアップにはDVD用の650nm波長帯のレーザ素子と、CD用の780nm波長帯のレーザ素子とが併用されている。

【0019】しかし、2つのレーザ素子を1つのピックアップに組み込むと、光学系が複雑になり、コスト面及びスペース面において問題が生じていた。

【0020】この問題に関しては、発明者等が特願平10-181068号において提案したように、2つのレーザ素子を1チップにモノリシックに集積することにより、解決することができる。

【0021】しかし、2つのレーザ素子をモノリシックに集積する場合、それぞれの材料系が異なると横モード制御構造を作成する工程が非常に複雑化するという新たな問題が発生する。

【0022】クラッド層を同一の材料系で構成すると、ストライプ加工を同時に行うことができるので、プロセスを大幅に簡略化することができる。ところが、この場合には以下に述べるような問題があり実用化されるに至っていなかった。

(4)

【0023】活性層に量子井戸を用いた780nm帯の半導体レーザ素子に、InGaAlPクラッド層を適用すると、垂直方向のビーム広がり角が大きくなり、実用上支障をきたす。

【0024】図11に示された構造を有するレーザ素子における垂直方向のビーム広がり角を算出した結果を図12に示す。

【0025】この構造は、クラッド層としてIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>P層、光ガイド層及びバリア層としてAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As層、量子井戸層としてAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As井戸層を有し、井戸層の厚さが4nm、井戸数は5とし、光ガイド層の厚さに対するビーム広がり角を計算した。

【0026】広がり角が大きくなると、レンズとのカップリングが悪くなること、また横方向の広がり角に対する比が大きくなって円形に集光しにくくなること等の問題が生じる。そこで、半値全角で約35度以下であることが要求される。

【0027】一方、活性層にp型不純物が拡散するのを抑制するため、活性層とクラッド層との間の光ガイド層はあまり薄くすることができないことが判明している。従って、光ガイド層は経験上20nm以上であることが望ましい。この厚さに対応するビーム広がり角は、図12に示されたように約44度となる。この広がり角では上述した要求を満足することはできない。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来の半導体レーザ装置では、垂直方向のビーム広がり角が大き過ぎる問題があった。

【0029】本発明は上記事情に鑑み、垂直方向のビーム広がり角の広がりを抑制することが可能な半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0030】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ装置は、井戸層とバリア層とを有する多重量子井戸活性層と、前記多重量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを備え、前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、前記バリア層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、前記第1及び第2のクラッド層が、In(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)P(0 ≤ x ≤ 1)系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする。

【0031】前記多重量子井戸活性層と前記第1のクラッド層との間、及び前記多重量子井戸活性層と前記第2のクラッド層との間に、それぞれ第1及び第2の光ガイド層が形成されており、前記第1及び第2の光ガイド層は、In(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)P(0 ≤ y ≤ 1)系半導体材料を用いて形成されていることにより。

【0032】また本発明の半導体レーザ装置は、異なる波長帯を有する第1、第2のレーザ素子がモノリシック

に形成されており、前記第1、第2のレーザ素子はそれぞれ、井戸層とバリア層とを有する多重量子井戸活性層と、前記多重量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを有し、前記第1のレーザ素子の前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成され、前記バリア層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、前記第2のレーザ素子の前記井戸層が、InGaAlP系半導体材料を用いて形成され、前記バリア層が、InGaAlP系半導体材料を用いて形成されており、前記第1及び第2のレーザ素子の前記第1及び第2のクラッド層が、In(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)P(0 ≤ x ≤ 1)系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする。

【0033】あるいは本発明の半導体レーザ装置は、井戸層を有する単一量子井戸活性層と、前記単一量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを備え、前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、前記第1及び第2のクラッド層が、In(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)P(0 ≤ x ≤ 1)系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする。

【0034】ここで、前記単一量子井戸活性層と前記第1のクラッド層との間、及び前記多重量子井戸活性層と前記第2のクラッド層との間に、それぞれ第1及び第2の光ガイド層が形成され、前記第1及び第2の光ガイド層は、In(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)P(0 ≤ y ≤ 1)系半導体材料又はAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As(0.4 ≤ y ≤ 1)系半導体材料を用いて形成されていることが望ましい。

【0035】本発明の半導体レーザ装置は、異なる波長帯を有する第1、第2のレーザ素子がモノリシックに形成されており、前記第1、第2のレーザ素子はそれぞれ、井戸層を有する単一量子井戸活性層と、前記単一量子井戸活性層の一方の面及び他方の面側にそれぞれ形成された第1及び第2のクラッド層とを有し、前記第1のレーザ素子の前記井戸層が、GaAlAs系半導体材料を用いて形成されており、前記第2のレーザ素子の前記井戸層が、InGaAlP系半導体材料を用いて形成されており、前記第1及び第2のレーザ素子の前記第1及び第2のクラッド層が、In(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)P(0 ≤ y ≤ 1)系半導体材料又はAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As(0.4 ≤ y ≤ 1)系半導体材料を用いて形成されていることを特徴とする。

【0036】

【発明の実施の形態】先ず、ダブルヘテロ構造を有する半導体レーザ装置を設計する際に、克服すべき課題を整理すると次のようである。

【0037】(1) 垂直方向の広がり角が所定の角度より大きくならないこと。

【0038】半導体レーザでは、通常数μmの幅を有するストライプ状共振器を用いる。このため水平方向の広

(5)

がり角は、必然的に約10度を超えないことが望ましい。

【0039】一方、垂直方向の広がり角は、本来は同等に10度が望ましいが、通常は約30度である。広がり角が大きすぎると、レンズとのカップリングが悪くなること、また通常横方向の広がり角に対する比が大きくなって円形に集光しにくいこと等の問題が発生する。よって、一般には半値全角で約35度以下であることが要求される。

【0040】(2) 活性層に多重量子井戸層を用いる場合、各量子井戸層に均一にキャリアが注入されるようにすること。

【0041】複数の量子井戸層に均一にキャリアが注入されないと、活性層に余分な電圧降下が生じたり、あるいは必要な利得が得られないといった不都合を生じる。

【0042】垂直方向の広がり角を小さくするため、光ガイド層及びバリア層を、屈折率がAlGaAs混晶よりも小さいInGaAlPで構成することが考えられる。図13に、この構成における光ガイド層厚に対するビームの広がり角を示す。

【0043】ここで、クラッド層はIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>P、光ガイド層及びバリア層はIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>P、量子井戸層はAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asで構成され、井戸層厚は4nm、井戸数は5とし、光ガイド層の厚さと組成をパラメータとして計算した。この構成によれば、図13に示されたように広がり角を35度以下に設計することが可能である。

【0044】しかし、発明者等の検討により、この構成で量子井戸へキャリアを注入すると、次のような問題が発生することがわかった。

【0045】図15に、素子に約2.2Vの順方向バイアスを印加した状態でのダブルヘテロ構造近傍のバンドダイアグラムを示す。ここで、Ecはコンダクションバンド（伝導帯）、Evはバレンスバンド（価電子帯）、Enは電子の擬フェルミレベル、Epはホールの擬フェルミレベル、Jeは電子電流とする。

【0046】各井戸層には、均一にキャリアが注入されるべきである。このため、図中矢印で示され、活性層に印加される電圧が均一であり、各井戸に均一なキャリアが注入される必要がある。ところが、図15に示されたように、矢印で示された電圧には傾斜角が存在するので、井戸ごとに注入されるキャリアには偏りが発生し、活性層において電圧降下が発生してしまうこととなる。このような現象は、ダブルヘテロ構造の設計に際して回避すべきことである。

【0047】(3) 井戸層にドーパントが拡散しないようにすること。

【0048】p-InGaAlPは、ドーパントとして亜鉛が多く用いられている。素子の温度特性の向上と抵抗を低減するためには、pドーパントをできるだけ多く

8

ドーピングすることが有効である。

【0049】しかし、亜鉛は非常に拡散し易いので、クラッド層にドーピングされた亜鉛が結晶成長中に活性層まで拡散し、素子の特性や信頼性に悪影響を及ぼす。活性層に量子井戸を用いた素子では、井戸層自体が薄いためその影響を受けやすい。従って、井戸層とクラッド層は可能なだけ離すことが必要となる。

【0050】そのためには、光ガイド層を拡散抑制層として利用することが効果的である。以下に説明する実施の形態は、上記知見に基づいて構成された量子井戸活性層を有するダブルヘテロ構造を備えるものである。

【0051】各実施の形態による装置は、バリア層及び光ガイド層に、AlGaAs混晶より屈折率が小さい材料を用いることで、ビームの広がり角をできるだけ小さくしている。具体的には、光ガイド層にはInGaAlP混晶を用いる。またバリア層には、各量子井戸層に均一にキャリアが注入されるように構成している。

【0052】バリア層に、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>)<sub>0.5</sub>P、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>)<sub>0.5</sub>P、InGaPをそれぞれ用いた場合のダブルヘテロ構造近傍のエネルギーバンドダイアグラムを、上記説明で用いた図15、及び図16、図17に示す。いずれの場合も活性層において、矢印で示されたように電圧降下が発生しており、しかも図15に示されたようにAl組成の増加に従って増加している。Alを含まないInGaP組成においても、約0.1Vの電圧降下が発生することが判明した。従って、バリア層にInGaAlP混晶を用いることは望ましくないことがわかる。

【0053】また、バリア層に、Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As、Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As、Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asをそれぞれ用いた場合におけるダブルヘテロ構造近傍のエネルギーバンドダイアグラムを図18～図20に示す。いずれの場合においても、活性層において電圧降下が発生していない。

【0054】検討の結果、バリア層にAlGaAs混晶を用いることにより、ウェル全体に均一にキャリアを注入することが可能であることが判明した。よって、バリア層にはAlGaAs混晶を用いるのが望ましい。

【0055】以上の検討より、ウェル層にはAlGaAs混晶を用い、光ガイド層にはInGaAlP混晶を用いることが望ましいことがわかる。この構成を有する装置に対して、垂直方向のビーム広がり角を求めた結果を図14に示す。ここで、クラッド層はIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>P、光ガイド層はIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>P、バリア層はAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As、量子井戸層はAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As井戸層の構成であり、井戸層厚は4nm、井戸数は5であるとし、光ガイド層の厚さに対するビームの広がり角を算出した。これにより、光ガイド層厚20nmにおいて、約33度のビームの広がり角が得られることがわかった。

(6)

9

【0056】以上の検討に基づき、クラッド層にInGaAlP混晶を用いた780nm帯半導体レーザダイオードには、光ガイド層にInGaAlP混晶、ウェル層にはAlGaAs混晶を用いる構成が適当である。

【0057】図22に、バリア層と光ガイド層にそれぞれAlGaAs混晶又はInGaAlP混晶を用いた場合の特性について示す。

【0058】バリア層及び光ガイド層に、共にAlGaAs混晶を用いた場合は、ビームの垂直広がり角が大きくなるという問題がある。バリア層にInGaAlP混晶、光ガイド層にAlGaAs混晶を用いた場合は、活性層に電圧降下が生じる。バリア層及び光ガイド層に共にInGaAlP混晶を用いた場合も、活性層に電圧降下が発生する。そして、バリア層にAlGaAs混晶、光ガイド層にInGaAlP混晶を用いた場合は、このような問題は発生しない。

【0059】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0060】本発明の第1の実施の形態による780nm波長帯の半導体レーザ装置の縦断面構造を図1に示す。この装置は、InGaAlP系半導体層を用いた赤色半導体レーザであって、以下の文献において提案されているSBR (Selective Barriered Ridge) 型である。

【0061】Extended Abstracts, 19th Conf. Solid State Device and Materials, Tokyo(1987), pp. 115-118

n-GaAs基板101上にn-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第1クラッド層102、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5P光ガイド層103、Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>As/A<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As多重量子井戸活性層104、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5P光ガイド層105、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第2クラッド層106、p-InGaPエッチングストップ層107、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第3クラッド層108、p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層109、n-GaAs電流ブロック層111、p-GaAsコンタクト層110が形成され、基板101の素子形成面と反対側の面にn電極122、コンタクト層110の表面上にp電極121が形成されている。

【0062】製造工程の概略を説明すると、以下のとおりである。n-GaAs基板101上に、順にn-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第1クラッド層102、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5P光ガイド層103、Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>As/A<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As多重量子井戸活性層104、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5P光ガイド層105、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第2クラッド層106、p-InGaPエッチングストップ層107、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第3クラッド層108、p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層109

10

を形成していく。

【0063】次に、キャップ層109の表面上に図示されていないシリコン膜を形成し、フォトリソグラフィ技術を用いてこの膜をストライプ状に加工し、これをマスクとしてクラッド層108の一部をリッジストライプ状に加工する。さらにこのマスクを用いてn-GaAs電流ブロック層111をMOCVD法を用いて選択成長させ、シリコン膜から成るマスクを除去する。この後、全体にコンタクト層110をMOCVD法により形成し、基板101上及びコンタクト層110上にそれぞれ電極122及び121を形成する。

【0064】クラッド層102、106、108は、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5Pで構成され、クラッド層102におけるn型不純物としてはSi、クラッド層106、108におけるp型不純物としては亜鉛を用いており、厚さは約1μmである。

【0065】光ガイド層103、105はIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5Pを用いて形成されており、アンドープであって厚さは39nmである。

【0066】活性層104は多重量子井戸構造であり、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As量子井戸層151は厚さが10nm、Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層152は厚さ4nmで発振波長は780nmである。

【0067】本実施の形態によるレーザ装置は、クラッド層102、106、108にInGaAlPを用いているにもかかわらず、垂直広がり角が比較的小さい量子井戸型レーザが実現される。本レーザ装置の垂直方向のビーム広がり角の半値全幅は、33度である。

【0068】また活性層104における電圧降下も抑制され、5mW出力時における動作電圧は2.2Vであった。活性層104の井戸層151とクラッド層102及び107の間にそれぞれ光ガイド層103及び105が存在する。このため、クラッド層におけるドーパントが井戸層151へ拡散することを抑制できる。このことは、2波長モノリシックレーザ素子を製造する装置において、信頼性を確保する上で有効である。

【0069】次に、上記構造を用いて780nm波長帯のレーザ素子と、650nm波長帯のレーザ素子とをモノリシックに集積化したレーザ装置の構造を図2に示す。

【0070】n-GaAs基板201上に、n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第1クラッド層202及び212、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5P光ガイド層203及び213、Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>As/A<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As多重量子井戸活性層204及びIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P/In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5P多重量子井戸活性層214、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)0.5P光ガイド層205及び215、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)0.5P第2クラッド層206及び216、p-InGaPエッチングストップ層207及び217、p-In<sub>0.5</sub>(Ga



(7)

11

0.3Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第3クラッド層208及び218、p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層209及び219、n-GaAs電流ブロック層211、p-GaAsコンタクト層210が形成され、さらに基板201の表面上に共通n電極絶縁性AlNサブマウント223が形成され、コンタクト層210上に780nmLDのp電極221、650nmLDのp電極223が形成されている。

【0071】ここで、780nmレーザ素子の活性層は、図2(b)に示されたように、多重量子井戸活性層251とバリア層252とが交互に形成されている。また650nmレーザ素子の活性層は、図2(c)に示されたように、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P井戸層253とIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5Pバリア層254とが交互に形成されている。

【0072】本レーザ装置によれば、780nm波長帯のレーザ素子と、650nm波長帯のレーザ素子とで、共にIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5Pを用いてクラッド層を構成しており、製造工程を共用することで簡略化が可能である。

【0073】また、780nmレーザ素子のダブルヘテロ構造において、クラッド層202及び206にInGaAlP、光ガイド層203及び205にInGaAlP、バリア層254にGaAsを用いていることで、光ビームの広がりを抑制すると共に、各ウエルへのキャリアの均一かつスムーズな注入が実現され、電圧降下が防止される。

【0074】本発明の第2の実施の形態によるIS (Inner Strip) 型半導体レーザ装置について、780nm波長帯レーザ素子を図3に、780nm波長帯レーザ素子及び650nm波長帯レーザ素子をモノリシック集積化した装置を図4に示す。

【0075】n-GaAs基板301上に、n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第1クラッド層302、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層303、Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>As/A<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As多重量子井戸活性層304、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層305、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第2クラッド層306、AlGaP電流ブロック層307、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第3クラッド層308、p-InGaPキャップ層309、p-GaAsコンタクト層310が形成され、さらにp電極321、n電極322が形成されている。活性層304は、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As量子井戸層351、Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層352を有している。

【0076】本実施の形態におけるクラッド層302及び306、井戸層351、バリア層352の構成材料は、上記第1の実施の形態と同様であるが、電流ブロック層307の構造が異なっている。電流ブロック層307の中央部分のストライプ部に光を導くために、電流ブ

12

ロック層308に溝を形成した後、第3クラッド層308でこの溝を埋め込んでいる。この溝において電流が狭窄される。そして、溝部における電流ブロック層307と第3クラッド層308との屈折率の差によって光が有効にストライプ部に閉じ込められ、屈折率導波型レーザ素子を構成する。

【0077】この構造を用いて、780nm波長帯のレーザ素子と、650nm波長帯のレーザ素子とをモノリシックに集積化したレーザ装置の構造を図4に示す。

【0078】n-GaAs基板401上に、n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第1クラッド層402、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層403、Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>As/A<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As多重量子井戸活性層404、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層405、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第2クラッド層406、n-AlGaP電流ブロック層407、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第3クラッド層408、p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層409、p-GaAsコンタクト層410が形成され、さらにp電極421、共通n電極423が形成されている。

【0079】ここで、活性層404は、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As井戸層451とAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層452とが交互に配置されている。

【0080】さらに、650nm波長帯レーザ素子として、基板401上に、n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第1クラッド層412、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層413、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P/In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P多重量子井戸活性層414、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層415、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第2クラッド層416、n-AlGaP電流ブロック層417、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第3クラッド層418、p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層419、p-GaAsコンタクト層420、さらにp電極422、共通n電極423が形成されている。この活性層414は、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P井戸層453とIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5Pバリア層454とが交互に配置されている。

【0081】本発明の第3の実施の形態による利得ガイド型780nm波長帯レーザ素子の構造を図5に示す。

【0082】n-GaAs基板501上に、n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第1クラッド層502、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層503、Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>As/A<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As多重量子井戸活性層504、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>) 0.5P光ガイド層505、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>) 0.5P第2クラッド層506、p-InGaPキャップ層507、p-GaAs電流ブロック層508、p-GaAsコンタクト層509、さらにp電極521、n電極522が形成されている。活性層504は、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As量子井戸層551と、Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層552と

(8)

13

を有している。

【0083】クラッド層502及び506、光ガイド層503、活性層504における井戸層551及びバリア層552は、上記第1の実施の形態と同様の材料を用いて形成している。

【0084】この素子では、電流ブロック層508がストライプ状に除去されており、この部分において電流が狭窄されて注入される。このストライプ部における電流狭窄によって生じた利得分布により、光が導波されることで、利得導波型レーザ素子を構成している。

【0085】図6に、上記構造を用いて、780nm波長帯のレーザ素子と、650nm波長帯のレーザ素子とをモノリシックに集積化したレーザ装置の構造を示す。

【0086】n-GaAs基板601上に、n-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第1クラッド層602、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層603、Al0.08Ga0.92As/A10.3Ga0.7As多重量子井戸活性層604、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層605、p-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第2クラッド層606、p-In0.5Ga0.5Pキャップ層607、n-AlGaP電流ブロック層608、p-GaAsコンタクト層609、さらにp電極621、共通n電極623が形成されている。

【0087】ここで、活性層604は、図6(b)に示されたように、Al0.1Ga0.9As井戸層651とAl0.4Ga0.6Asバリア層652とが交互に配置されている。

【0088】さらに、650nm波長帯レーザ素子として、基板601上に、n-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第1クラッド層612、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層613、In0.5Ga0.5P/In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P多重量子井戸活性層614、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層615、p-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第2クラッド層616、p-In0.5Ga0.5Pキャップ層617、n-AlGaP電流ブロック層618、p-GaAsコンタクト層619、さらにp電極622、共通n電極623が形成されている。

【0089】活性層614は、図6(c)に示されたように、In0.5Ga0.5P井戸層653とIn0.5(Ga0.5Al0.5)0.5Pバリア層654とが交互に配置されている。

【0090】本発明の第4の実施の形態による利得ガイド型780nm帯半導体レーザダイオードの構造を図7に示す。

【0091】n-GaAs基板701上に、n-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第1クラッド層702、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層703、Al0.08Ga0.92As/A10.3Ga0.7As多重量子井戸活性層704、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層

14

705、p-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第2クラッド層706、p-InGaPキャップ層707、p-GaAsコンタクト層708、プロトン注入領域709、さらにp電極721、n電極722が形成されている。活性層704は、Al0.1Ga0.9As量子井戸層751、Al0.4Ga0.6Asバリア層752を有している。

【0092】クラッド層702及び706、光ガイド層703及び705、活性層704における井戸層751及びバリア層752は、上記第1の実施の形態と同様の材料を用いて形成している。

【0093】ここで、第2クラッド層706には、レーザ発振にかかわるストライプ状領域を除いてプロトンが注入されている。注入された部分は、電気抵抗が高くなるので、電流をよりストライプ部分に狭窄することが可能である。光が狭窄されることによって生じた利得分布によって、ストライプ部にガイドされる。

【0094】図8に、上記構造を用いて、780nm波長帯のレーザ素子と、650nm波長帯のレーザ素子とをモノリシックに集積化したレーザ装置の構造を示す。

【0095】780nm波長帯のレーザ素子として、n-GaAs基板801上に、n-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第1クラッド層802、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層803、Al0.08Ga0.92As/A10.3Ga0.7As多重量子井戸活性層804、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層805、p-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第2クラッド層806、p-In0.5Ga0.5Pキャップ層807、p-GaAsコンタクト層808、プロトン注入領域809、さらにp電極821、共通n電極823が形成されている。

【0096】ここで、活性層804は、図8(b)に示されたように、Al0.1Ga0.9As量子井戸層851とAl0.4Ga0.6Asバリア層852とが交互に配置されている。

【0097】さらに、650nm波長帯レーザ素子として、基板801上に、n-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第1クラッド層812、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層813、Al0.08Ga0.92As/A10.3Ga0.7As多重量子井戸活性層814、In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層815、p-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P第2クラッド層816、p-In0.5Ga0.5Pキャップ層817、p-GaAsコンタクト層818、p電極822、共通n電極823が形成されている。

【0098】この活性層814は、図8(c)に示されたように、In0.5Ga0.5P量子井戸層853とIn0.5(Ga0.5Al0.5)0.5Pバリア層854とが交互に配置されている。クラッド層812及び816、光ガイド層813及び815、活性層814、バリア層854は上記第1の実施の形態と同様である。第2クラッド層8

(9)

15

06及び816には、レーザ発振に係わるストライプ状領域を除いてプロトンが注入されている。

【0099】注入部分の電気抵抗が高くなるので、電流をストライプ部分に狭窄することができる。光は、狭窄によって生じた利得分布によってガイドされる。

【0100】上述した実施の形態は一例であって、本発明を限定するものではない。例えば、上記実施の形態は、井戸層とバリア層とを複数含む多重量子井戸活性層を有する。しかし、井戸層のみを有する単一量子井戸活性層を有する装置に本発明を適用することも可能である。

【0101】この場合は、活性層にバリア層が存在しない。よって、活性層内における電圧降下を考慮する必要はなく、ビームの広がり角が所定角以上に広がらないように考慮すればよい。

【0102】またこの場合における光ガイド層は、 $\text{In}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ )、又は $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0.4 \leq y \leq 1$ )を用いて形成することができる。以下に、ビームの広がり角についてシミュレーションを行った結果について述べる。

【0103】活性層の厚さを40オングストローム、クラッド層のAl組成率を0.7、光ガイド層の厚さを300オングストローム、光ガイド層の材料を $\text{InGaAlP}$ と、 $\text{AlGaAs}$ とに組成を変えてシミュレーションを行った結果を、図23に示す。ここで、実線で示された曲線は光ガイド層の材料が $\text{InGaAlP}$ であり、点線で示された曲線は $\text{AlGaAs}$ であるとする。

【0104】この図23より明らかなように、光ガイド層の材料が $\text{InGaAlP}$ である場合は、Alの組成率xにかかわらず35度以下の広がり角という要求を満たしている。光ガイド層の材料が $\text{AlGaAs}$ である場合は、Alの組成率xが0.4以上でこの要求を満たしている。

【0105】さらに、活性層の厚さを100オングストロームに変えた場合のシミュレーション結果を図24に示す。この場合は、全体に活性層が40オングストロームの場合よりも若干広がり角は大きくなる。しかし、光ガイド層の材料が $\text{GaAlP}$ である場合はAlの組成率xにかかわらず35度以下の広がり角という要求を満たしており、光ガイド層の材料が $\text{AlGaAs}$ である場合は、Alの組成率xが0.45以上でこの要求を満たしている。

【0106】従って、活性層の厚さを40オングストロームとした場合、光ガイド層が $\text{InGaAlP}$ を用いて形成している場合はビームの広がりを抑制することが可能であり、 $\text{AlGaAs}$ を用いている場合は、Alの組成率xが0.4以上とすることが望ましい。

【0107】さらに、活性層の厚さを100オングストロームとした場合、光ガイド層の材料が $\text{AlGaAs}$ を用いて形成している場合はビームの広がりを抑制するこ

16

とが可能であり、 $\text{AlGaAs}$ を用いている場合はAlの組成率xが0.45以上とすることが望ましい。

【0108】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザ装置によれば、多重量子井戸活性層を有する場合、井戸層が $\text{GaAlAs}$ 系半導体材料、バリア層が $\text{GaAlAs}$ 系半導体材料、第1及び第2のクラッド層が $\text{In}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ )系半導体材料を用いて形成されていることから、光ビームの広がり角の拡大が抑制され、またクラッド層と活性層との間のバンドギャップ差が拡大されるのでレーザ動作時において活性層からクラッド層への電子の漏れが抑制されて温度特性が向上し、さらに井戸層に均一にキャリアが注入されて電圧降下が防止される。単一量子井戸活性層を有する場合は、バリア層が存在しないので活性層における電圧降下の問題は発生せず、光ビームの広がり角を考慮すればよいが、井戸層が $\text{GaAlAs}$ 系半導体材料、第1及び第2のクラッド層が $\text{In}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ )系半導体材料を用いて形成されていることから、光ビームの広がり角の拡大が抑制される。

【0109】また活性層とクラッド層との間にガイド層を有する場合は、クラッド層を構成する材料のドーパントが活性層に拡散することが防止されるので、装置の信頼性が向上する。

【0110】さらに、第1、第2のレーザ素子をモノリシックに集積化した装置では、共にクラッド層が $\text{InGaAlP}$ 系の半導体材料を用いて形成されるため、工程が共通化されて製造コストが低減される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による780nm帯半導体レーザダイオードの断面構造を示した縦断面図。

【図2】本発明の第1実施の形態による780nm帯及び650nm帯の半導体レーザダイオード素子をモノリシックに集積化した装置の断面構造を示した縦断面図。

【図3】本発明の第2の実施の形態による780nm帯半導体レーザダイオードの断面構造を示した縦断面図。

【図4】本発明の第2実施の形態による780nm帯及び650nm帯の半導体レーザダイオード素子をモノリシックに集積化した装置の断面構造を示した縦断面図。

【図5】本発明の第3の実施の形態による780nm帯半導体レーザダイオードの断面構造を示した縦断面図。

【図6】本発明の第3実施の形態による780nm帯及び650nm帯の半導体レーザダイオード素子をモノリシックに集積化した装置の断面構造を示した縦断面図。

【図7】本発明の第4の実施の形態による780nm帯半導体レーザダイオードの断面構造を示した縦断面図。

【図8】本発明の第4実施の形態による780nm帯及び650nm帯の半導体レーザダイオード素子をモノリシックに集積化した装置の断面構造を示した縦断面図。

【図9】従来の780nm帯半導体レーザ装置の断面構造

造を示した縦断面図。

【図10】従来の650nm帯半導体レーザ装置のダブルヘテロ構造を示した縦断面図。

【図11】図9に示された従来のレーザ装置のクラッド層をInGaAlPに置き換えた場合の断面構造を示した縦断面図。

【図12】図11の装置における垂直方向のビーム広がり角を計算した結果を示すグラフ。

【図13】従来の780nm波長帯の半導体レーザ装置におけるクラッド層、光ガイド層を、InGaAlPに置き換えた場合における垂直方向のビーム底がり角を計算した結果を示すグラフ。

【図14】本発明の第1の実施の形態による780nm波長帯の半導体レーザ素子における垂直方向のビーム広がり角を計算した結果を示すグラフ。

【図15】バリア層にIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>Pを用いた装置におけるダブルヘテロ構造近傍のバンドダイヤグラム。

【図16】バリア層にIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>)<sub>0.5</sub>Pを用いた装置におけるダブルヘテロ構造近傍のバンドダイヤグラム。

【図17】バリア層にIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>)<sub>0.5</sub>Pを用いた装置におけるダブルヘテロ構造近傍のバンドダイヤグラム。

【図18】バリア層にIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pを用いた装置におけるダブルヘテロ構造近傍のバンドダイヤグラム。

【図19】バリア層にAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asを用いた装置におけるダブルヘテロ構造近傍のバンドダイヤグラム。

【図20】バリア層にAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asを用いた装置におけるダブルヘテロ構造近傍のバンドダイヤグラム。

【図21】バリア層にAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asを用いた装置におけるダブルヘテロ構造近傍のバンドダイヤグラム。

【図22】ダブルヘテロ構造を有する半導体レーザ装置におけるバリア層と光ガイド層の材料と変えた場合におけるそれぞれの特徴を示す説明図。

【図23】活性層の厚さを400Å、クラッド層のAl組成率を0.7、光ガイド層の厚さを300Å、光ガイド層の材料をInGaAlP系半導体材料と、AlGaAs系半導体材料とに組成を変えて光ビームの広がり角についてシミュレーションを行った結果を示すグラフ。

【図24】活性層の厚さを100Å、クラッド層のAl組成率を0.7、光ガイド層の厚さを300Å、光ガイド層の材料をInGaAlP系半導体材料と、AlGaAs系半導体材料とに組成を変えて光ビームの広がり角についてシミュレーションを行った結果を示すグラフ。

【符号の説明】

101、201、301、401、501、601、701、801、901、1001、1101 n-Ga

As基板

102、202、212、302、402、412、502、602、612、702、802、812、1002、1102 n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>P第1クラッド層

103、203、213、303、403、413、503、603、613、703、803、813、1003 In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>光ガイド層

104、204、304、404、414、504、604、704、804、814 Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>As/A<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As多重量子井戸活性層

105、205、215、305、405、415、505、605、615、705、805、815 In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>光ガイド層

106、206、216、306、406、416、506、606、616、706、806、816 p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>P第2クラッド層

107、207、217、507 p-InGaPエッチングストップ層

108、208、218、308、408、418 p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>P第3クラッド層

109、209、219、309、409、419、607、617、707、807 p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層

110、210、310、410、420、609、619、708、808 p-GaAsコンタクト層

111、211、508 n-GaAs電流ブロック層

121、321、521、721 p電極

122、322、522、722 n電極

151、351、551、751 Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As量子井戸層

152、352、552、752 Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層

214 In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P/In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>P多重量子井戸活性層

221、421、621、821 780nmLDのp電極

222、422、622、822 650nmLDのp電極

223、423、623、823 共通n電極絶縁性AlNサブマウント

251、451、651、851 Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As量子井戸層

252、452、652、852 Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層

253、453、653、853 In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P量子井戸層

254、454、654、854 In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>Pバリア層

307、407、417、608 n-AlGaP電流

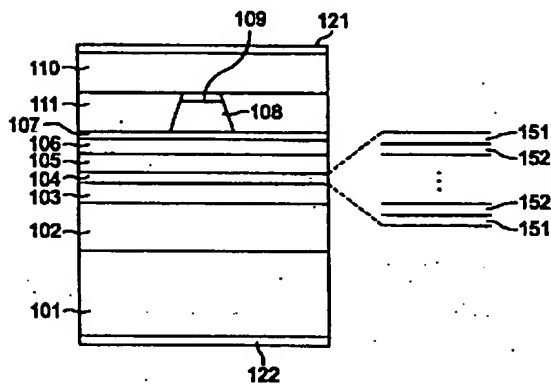
(11)

19

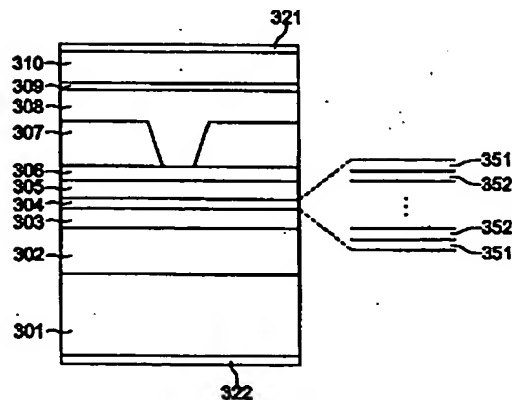
ブロック層

507 n-InGaPキャップ層  
 508 n-GaAs電流ブロック層  
 509、818 p-GaAsコンタクト層  
 617、817 p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層  
 618 n-AlGaP電流ブロック層  
 709、809 プロトン注入領域  
 902 n-AlGaAsクラッド層  
 903、1105 AlGaAs光ガイド層  
 904、1004、1104 MQW活性層  
 905、1103 AlGaAs光ガイド層

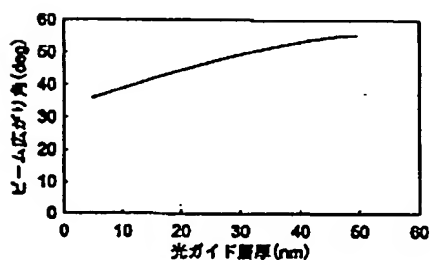
【図1】



【図3】



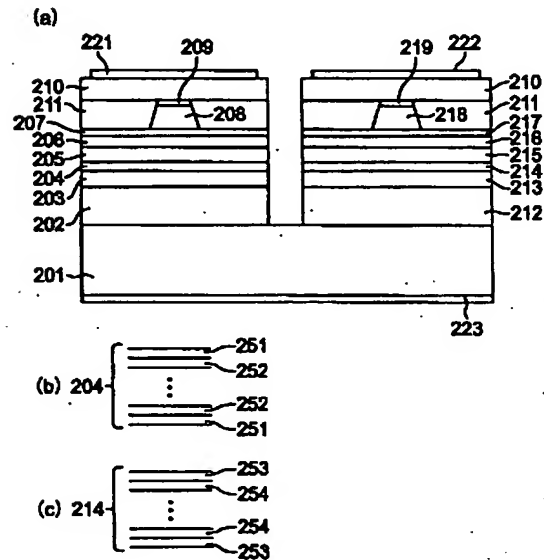
【図12】



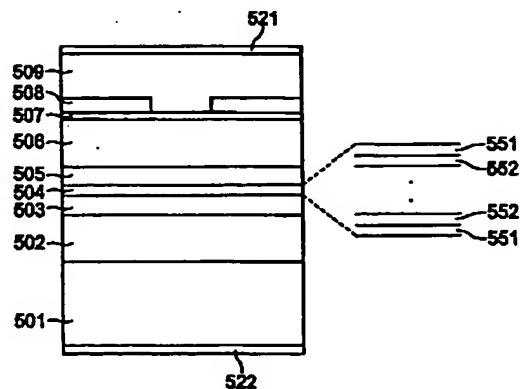
20

906 p-AlGaAsクラッド層  
 907、1008、1108 p-GaAsコンタクト層  
 951、1151 Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As量子井戸層  
 952、1152 Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asバリア層  
 1005、1102 InGaAlPクラッド層  
 1006 p-InGaAlPクラッド層  
 1007、1107 p-InGaPキャップ層  
 1051 InGaAlP量子井戸層  
 1052 InGaAlPバリア層

【図2】

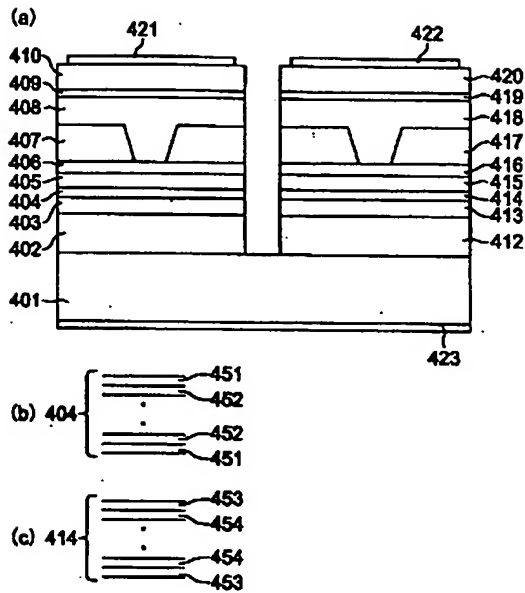


【図5】

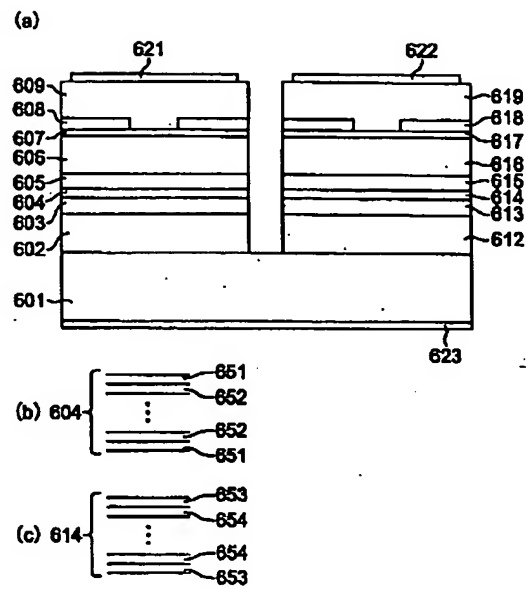


(12)

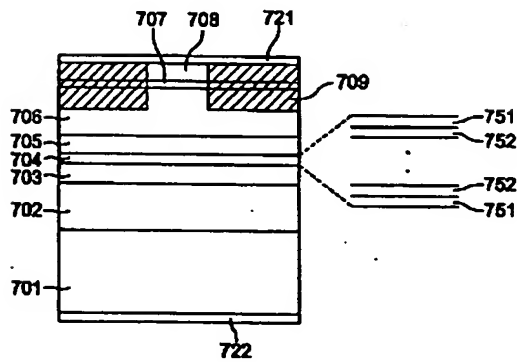
【図4】



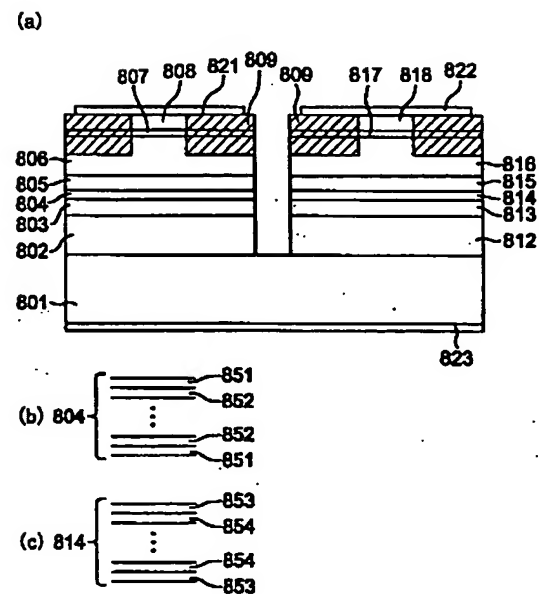
【図6】



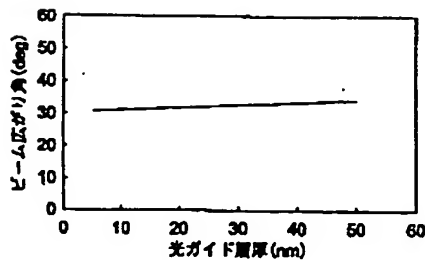
【図7】



【図8】



【図13】

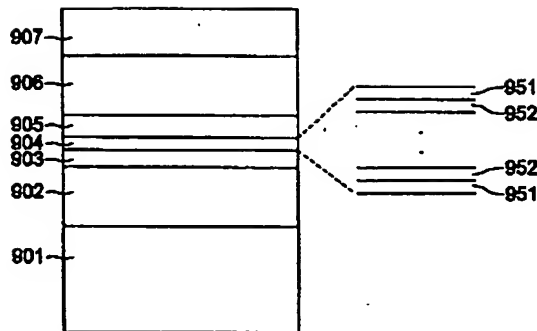


【図22】

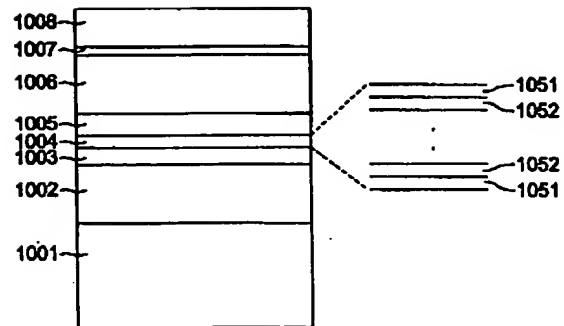
光ガイド層		
	AlGaAs	InGaAsP
AlGaAs	垂直角広がり角が大きくなりすぎる	本発明による 実施の形態の構成
InGaAsP	活性層に電圧降下が発生	活性層に電圧降下が発生

(13)

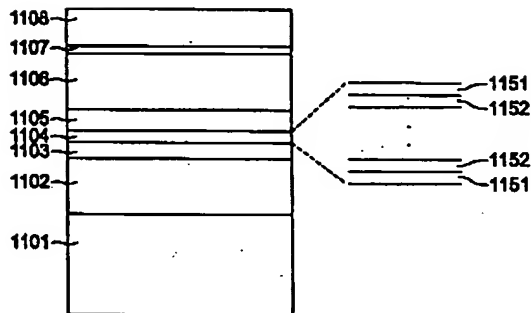
【図9】



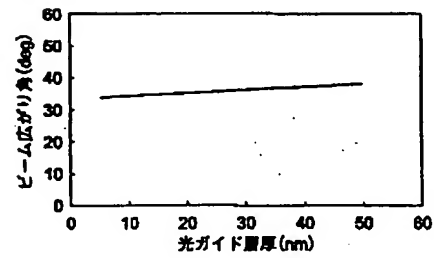
【図10】



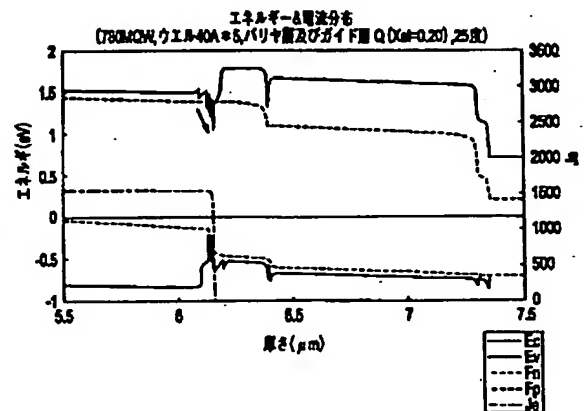
【図11】



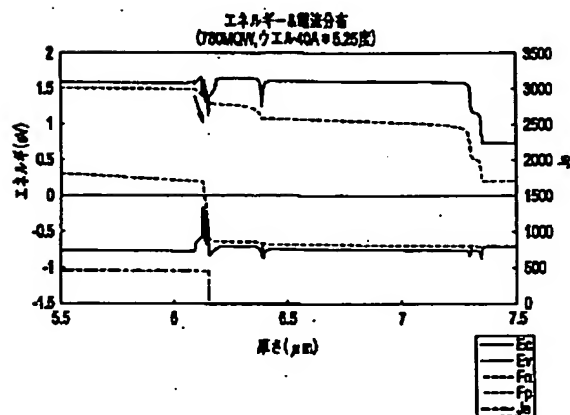
【図14】



【図16】

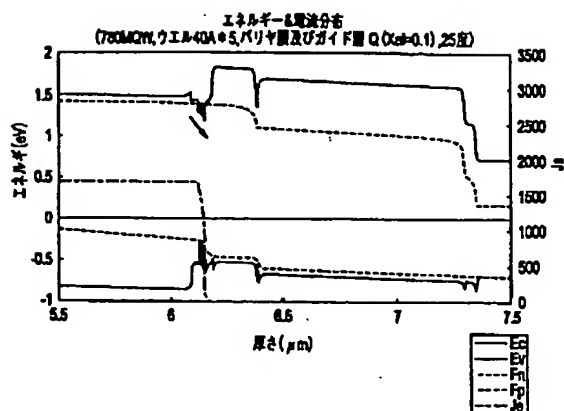


【図15】

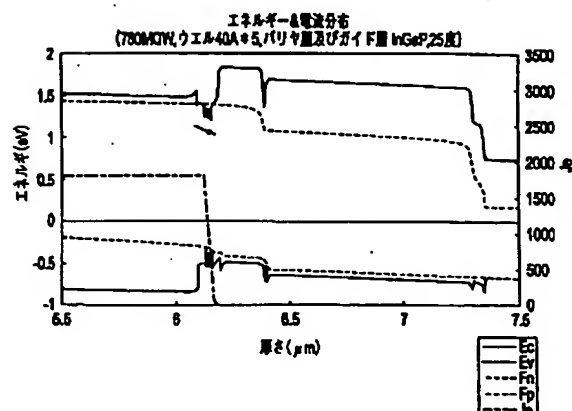


(14)

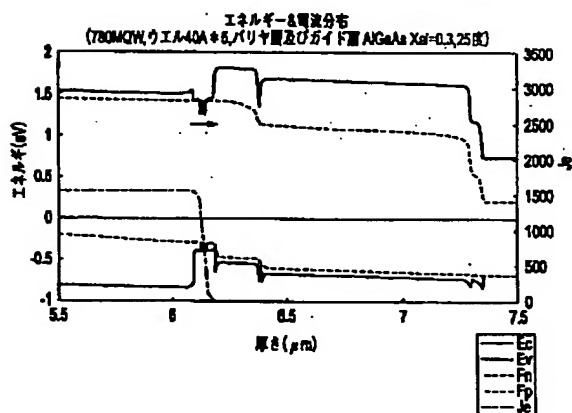
【図17】



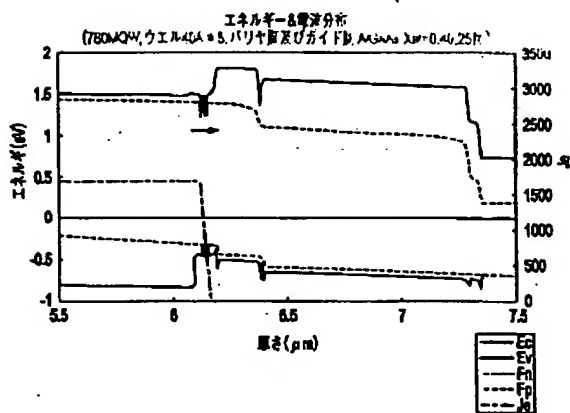
【図18】



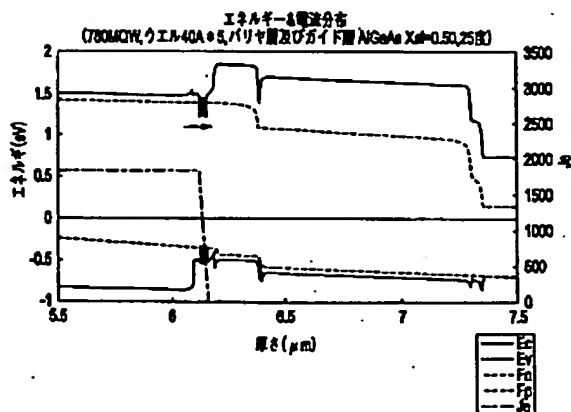
【図19】



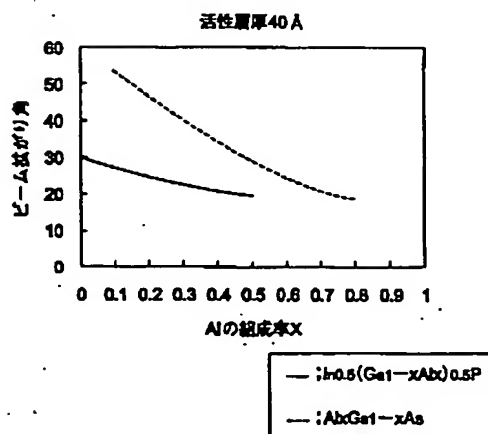
【図20】



【図21】



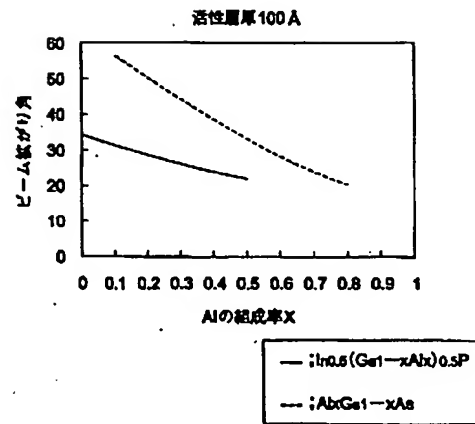
【図23】





(15)

【図24】



フロントページの続き

(72) 発明者 玄 永 康 一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
 式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン  
 ター内

Fターム(参考) 5F073 AA03 AA09 AA12 AA17 AA53

AA74 AB06 CA05 CA14 EA05

DA14 DA35 EA19